

University of Groningen

Zonnelaantjes

Fransen, Rene

Published in:
De Ingenieur

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
2005

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):
Fransen, R. (2005). Zonnelaantjes. *De Ingenieur*, 6.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Zonnelaantjes

HET KLASSIEKE ZONNEPANEEL IS DUUR, GROOT EN ZWAAR. WERELDWIJD WORDT GESPEURD NAAR OPVOLGERS. SILICIUM SPEELT DAARBIJ NOG EEN HOOFDROL, MAAR EEN COMBINATIE VAN FULLERENEN EN GELEIDENDE POLYMEREN IS EEN VAN DE KANSHEBBERS VOOR DE LANGE TERMIJN. DE BEST WERKENDE EXEMPLAREN VAN DEZE PLASTIC ZONNECELLEN KOMEN UIT NEDERLAND.

ONDERZOEKERS VAN DE RU GRONINGEN, TU Eindhoven en de laboratoria van Philips en ECN hebben in vijf jaar tijd het energieconversierendement van plastic zonnecellen met een factor tien weten te verbeteren van 0,3 naar 3 %. 'Een prachtig resultaat', vindt prof.dr. Kees Hummelen, hoogleraar organische chemie in Groningen. Hij leidde het project dat in december werd afgerond met een eindverslag.

De plastic zonnecel is voorlopig nog een belofte. De belangrijkste voordelen zijn lage productiekosten, omdat ze flexibel zijn en als velletjes uit een kopieermachine rollen. Plastic zonnecellen kunnen overal op worden aangebracht, zelfs op kleding. Na vijf jaar onderzoek liggen er prototypes van ongeveer een vierkante centimeter, opschaling is nog niet aan de orde. De rendementen zijn met

een factor tien gestegen, maar liggen nog niet op een commercieel interessant niveau. Daarbij vergeleken halen commercieel verkrijgbare zonnecellen van kristallijn silicium een rendement van bijna 15 %, die van amorf silicium bijna 10 %. In het laboratorium halen siliciumcellen zelfs tot ruim 30 % conversierendement. Ook aan de stabiliteit en levensduur van plastic zonnecellen moet nog worden gewerkt.

DERIVATEN

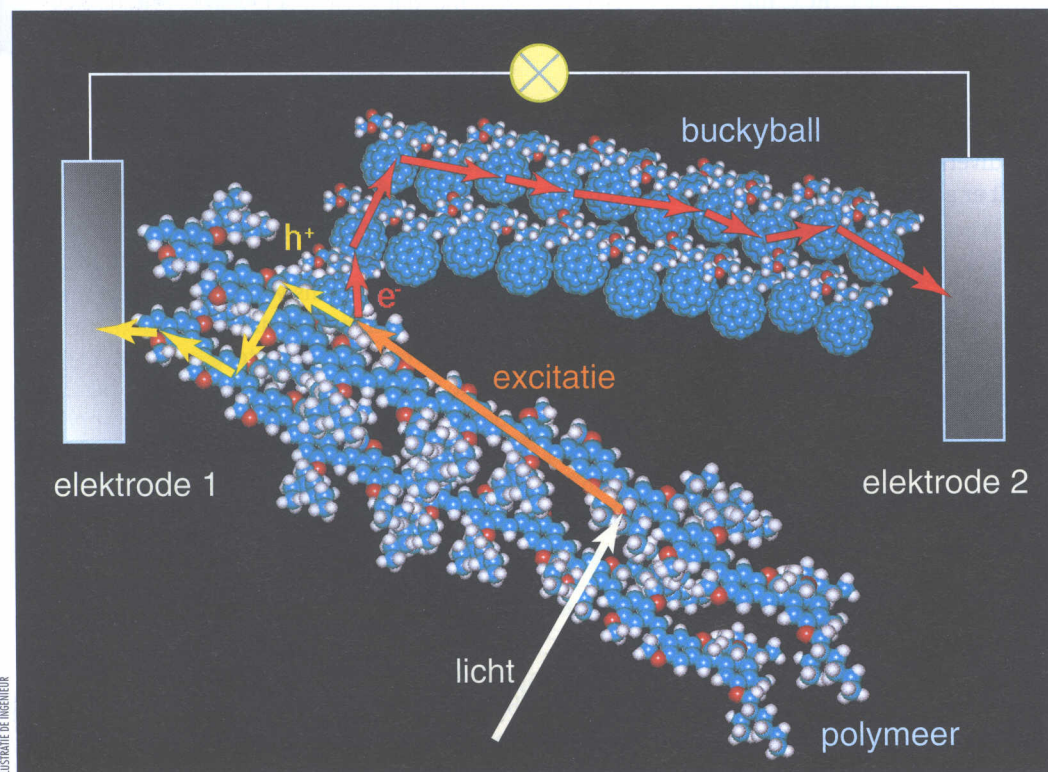
Hummelen stond tien jaar geleden mede aan de wieg van de plastic zonnecel op basis van fullerenen en polymeren. Hij ontwikkelde aan de University of California in Santa Barbara oplosbare derivaten van het fullereen C_{60} (de buckyball). Het beginproduct van al die derivaten was PCBM (PCBM staat voor

phenyl- C_{61} -butyric acid methyl ester, in het Nederlands fenyl- C_{61} -boterzure methyl ester), een buckyball met een methylester. De bedoeling van Hummelen was het maken van aidsremmers, maar een groep natuurkundigen in het lab, waar hij werkte, vond PCBM de ideale elektronengeleider voor de plastic zonnecel.

Die cellen kampen met een fundamenteel probleem. In organische moleculen (zoals het polymeer en de buckyballs) veroorzaakt invallend licht niet direct een ladingsscheiding, zoals in silicium. Er ontstaat eerst een *exciton* (molecuul in aangeslagen toestand), dat moet diffunderen naar het grensvlak tussen buckyballs en het polymeer. Pas daar ontstaat de ladingsscheiding. Hummelen: 'Excitonen hebben de neiging snel weer terug te vallen, waardoor de maximale diffusieafstand niet meer dan zo'n 10 nm is.' Een cel in twee lagen (buckyballs en polymeer) zou dus maximaal 20 nm dik mogen zijn. Alleen, zulke dunne lagen nemen nauwelijks zonlicht op.

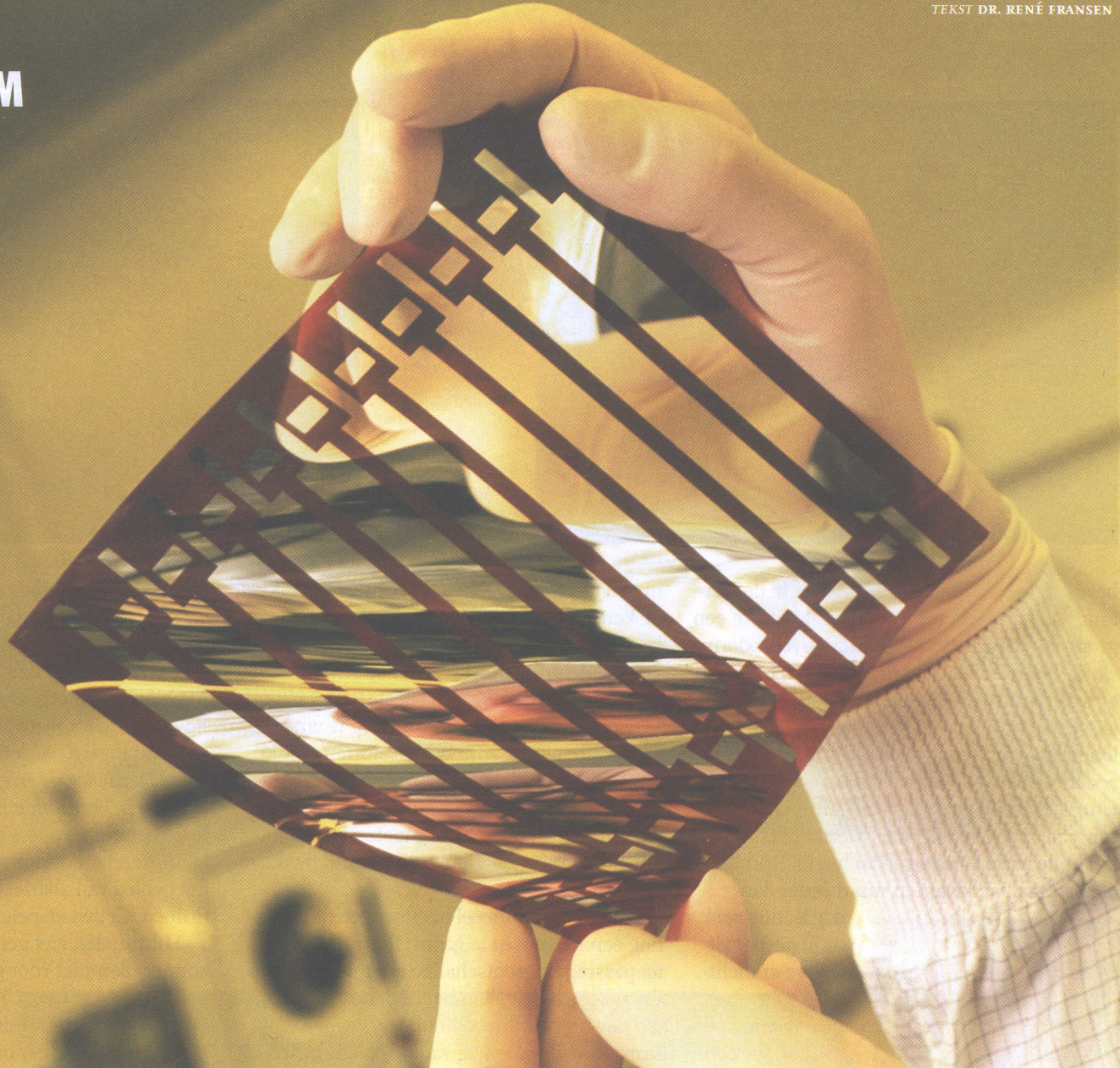
In Santa Barbara werd een oplossing gevonden voor dit dilemma. Door C_{60} en polymeer te mengen bleken spontaan smalle driedimensionele 'laantjes' te ontstaan van buckyballs of polymeren. Daardoor is de diffusielengte tot het grensvlak ook in dikkere lagen niet meer dan 10 nm. Het geheel kreeg de naam van *bulk-heterojunction*, een materiaal waarin twee verschillende halfgeleiders een grensvlak hebben die door het hele materiaal heen loopt.

Het eerste prototype plastic zonnecel dat op deze manier is gemaakt, had een rendement van nauwelijks 0,3 %. Ook de levensduur leek nog nergens op. Maar het principe werkte en werd – met de naam van



De combinatie van de koolstofbuckyball met de polymeer zorgt voor het ontstaan van 'laantjes' waarlangs de door zonlicht vrijgemaakte elektronen en gaten bij de geleiders kunnen komen.

DOOR SILICIUM



Een organische zonnecel van Siemens.

Hummelen erbij – in 1995 in *Science* gepubliceerd.

BEDROEVEND

Drie jaar later wist de chemicus – weer terug in Nederland – een consortium bijeen te krijgen om de zonnecel hier verder te ontwikkelen. Dat kon dankzij een vijfjarige EET-subsidie van negen miljoen gulden (ruim vier miljoen euro) van het ministerie van Economische Zaken. In het Economie, Ecologie en Techniek-programma werkten universiteit en bedrijfsleven samen aan milieuvriendelijke, innovatieve projecten.

‘We hadden met de bulk-heterojunction een oplossing gevonden, zodat de plastic zonnecellen werkten. Maar dat leverde ook een berg nieuwe problemen op.’ Samen met de TU Eindhoven (prof.dr. Bert Meijer en prof.dr.ir. René Janssen), Philips en ECN begon Hummelen de verschillende problemen aan te pakken. Hij vestigde zich aan de RU Groningen, waar hij deel ging uitmaken van de toponderzoekschool voor materiaalonderzoek MSC^{plus}.

In eerste instantie was het doel om de

bulk-heterojunction beter te organiseren. Via zelforganisatie moesten de slingerende laantjes van buckyballs en polymeren ‘moleculaire snelwegen’ worden. Het resultaat was bedroevend. Hummelen vermoedt dat de groepen, die ten behoeve van de zelforganisatie aan de buckyballs en polymeren werden gehangen, de geleiding verstoorden.

Wat wel werkte, was een combinatie van de PCBM – dat geen enkel zelforganiserend vermogen heeft – met het polymeer MDMO-PPV, een standaard ‘werkpaard’ dat bij Philips werd gebruikt voor onderzoek naar plastic elektronica. MDMO-PPV staat voor poly 2-methoxy-5-(3',7'-dimethyloctyloxy)-1,4-phenylene vinylene, in het Nederlands poly2-methoxy-5-(3',7'-dimethyloctyloxy)-1,4-fenyleen vinylen. ‘Dat is zeker niet het beste polymeer voor een zonnecel, maar het kon door Philips in een constante kwaliteit worden gesynthetiseerd, zodat we op alle locaties met hetzelfde materiaal werkten.’

WERELDRECORD

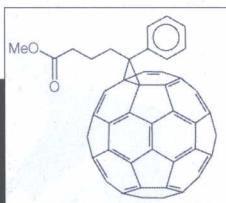
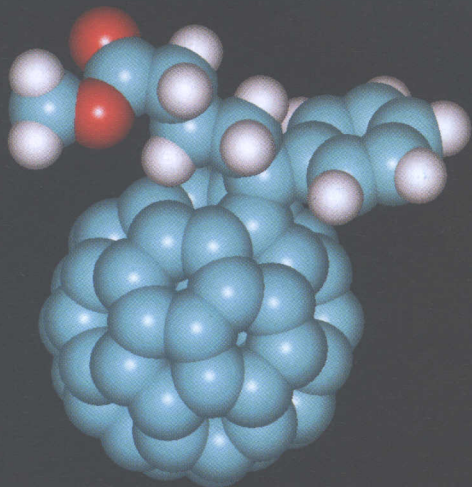
De onderzoekers gebruikten deze cel voor een nauwkeurige analyse van de werking van de bulk-heterojunction. Dat leverde verrassen-

de inzichten op. Het zuivere polymeer bleek een uiterst slechte geleider voor gaten te zijn. Maar na toevoeging van buckyballs ging de geleiding met een factor 400 omhoog. ‘De reden dat onze cel toch werkte, was dat in het polymeer altijd buckyballs gingen zitten.’ Waarom dit nodig is, blijft nog onopgehelderd. ‘Daar heb ik nu een promovendus op zitten’, zegt Hummelen.

In de loop van het project werd het rendement naar 2,5 % gebracht, een wereldrecord voor dit type cel. ‘Dat was een enorme stap. Ook al omdat het geen laboratoriumrendement betrof, maar een standaardmeting door ECN.’ Uiteindelijk ging het rendement nog iets omhoog, door in plaats van C₆₀ het fullereen C₇₀ te gebruiken. ‘Dat absorbeert zichtbaar licht veel beter. We verwachten een verdubbeling van het rendement, maar in eerste instantie vielen we terug naar 1 %.’

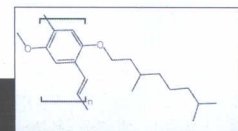
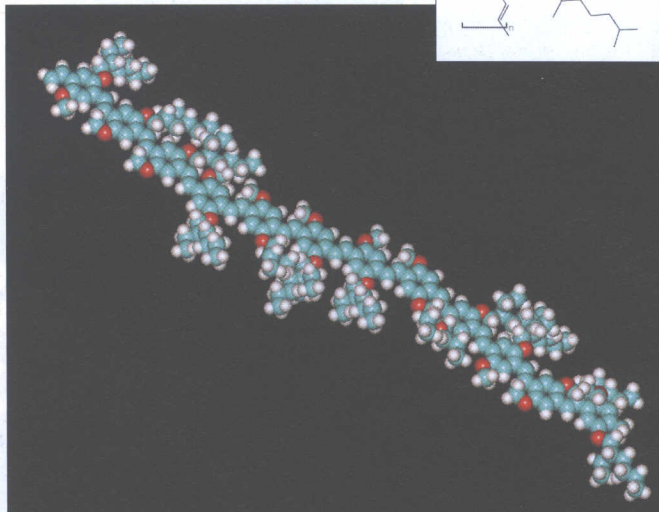
Waarmee Hummelen een van de hoofd-

‘Polymeren zijn slecht bestand tegen zuurstof en licht’



De geleider in een organische zonnecel: een C_{60} buckyball met een methyl-ester, voluit PCMB (fenyl- C_{61} -boterzure methyl ester).

Het polymeer MDMO-PPV waarin bij inval van zonlicht lading vrijkomt.



bevindingen van het project aangeeft: de werking van de plastic zonnecellen hangt van een groot aantal factoren af, waardoor verandering van materiaal niet ongestraft blijft. 'Dan moet er weer optimalisering plaatsvinden. Dat geschiedt in stappen, waarvoor we de afgelopen jaren protocollen hebben opgesteld, zodat ze soepel kunnen worden genomen.' Uiteindelijk bleek de C_{70} -cel een rendement van 3 % op te leveren, waarmee het resultaat onder de 5-procentnorm van het EET-project bleef. 'Maar we kwamen van minder dan

0,3 %, dus voor mijn gevoel zitten we er dichtbij.'

Een ander doel van het project was uitzicht op een levens-

duur van vijf jaar. 'Dat is wel gehaald. De levensduur ligt nu in ieder geval boven de duizend uur. We hebben gebruikgemaakt van de kennis die bij Philips aanwezig is in het verduurzamen van plastic LED's. Daarbij spelen dezelfde problemen: polymeren zijn slecht bestand tegen zuurstof en licht.'

Bijna nog belangrijker dan deze resultaten vindt Hummelen de kennisinfrastructuur die is opgebouwd, de ongeveer honderd artikelen in wetenschappelijke tijdschriften, een octrooi (op gebruik van C_{70} in zonnecellen) en de 'opbrengst' van bijna veertig onderzoekers die tijdens het vijf jaar lopende project zijn getraind. 'Die werken nu overal in de wereld, bij universiteiten of start-ups op het terrein van plastic zonnecellen.' Alleen jammer, vindt Hummelen, dat geen van die bedrijfjes in Nederland staat.

AANDEELHOUDERS

Hummelen laat zich niet uit over alle details van het onderzoek. Die staan ook niet in het openbare verslag, maar in een vertrouwelijk rapport. Want het EET-project voorzag

in een commercieel gebruik van de ontwikkelde kennis. Volgens de planning had er na vijf jaar een industriële partner moeten aanschuiven die de productie op zich zou nemen. Maar het EET-programma bestaat niet meer. En voor grote bedrijven is het nog te vroeg om zich op de plastic zonnecel te storten, denkt dr. Jan Kroon van de afdeling Zonne-energie bij ECN en een van de teamleiders in het project van Hummelen. 'Die moeten hun aandeelhouders op relatief korte termijn tevreden houden.'

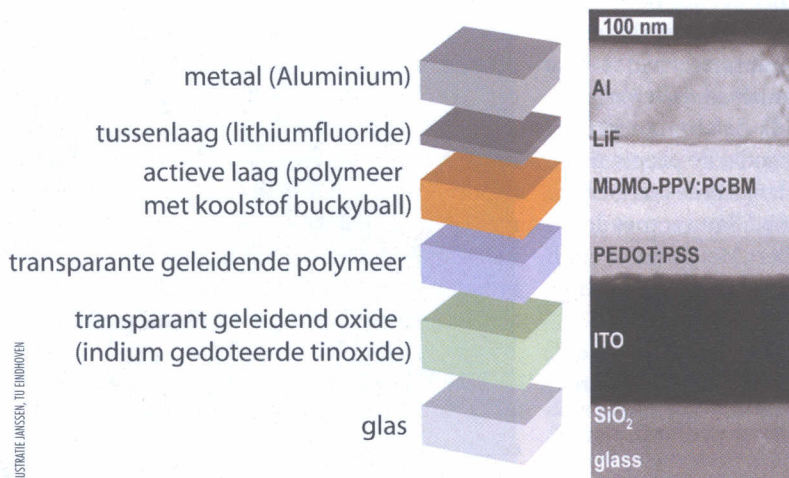
De plastic zonnecel heeft volgens Kroon nog een lange weg te gaan. 'Tenminste voor toepassing in grootschalige energieproductie. Dan moeten de cellen het onder extreme condities lang kunnen volhouden.' Positiever is Kroon over toepassing van de plastic cellen in nichemarkten, waar de eisen aan vermogen en rendement minder hoog zijn en de stabiliteits-eisen niet zo extreem. 'Door hun flexibiliteit en lage gewicht zijn ze bovendien makkelijk te combineren met plastic displays.' Het Amerikaanse leger werkt bijvoorbeeld aan schermen die op Goretex worden geprint en financiert ook onderzoek naar bijpassende zonnecellen. 'Verschillende bedrijven schermen met producten die er aan komen. Maar

dat is nog afwachten', aldus Kroon.

Het onderzoek naar plastic zonnecellen wordt in Nederland, ondanks het wegvallen van het EET-programma, gewoon voortgezet. Een deel is ondergebracht in het Dutch Polymer Institute, ook een samenwerkingsverband tussen universiteiten en bedrijfsleven. Daarnaast lopen enkele kleinere projecten. Hummelen: 'Er valt nog een hoop te verbeteren. Andere polymeren, een betere kleur, een betere ladingafvoer. Maar ook op het gebied van allerlei apparaten is een hoop te doen. Cellen stapelen, bijvoorbeeld.'

Hummelen ziet geen reden waarom plastic zonnecellen niet voor grootschalige energieproductie inzetbaar zijn. 'Maar dat zal inderdaad nog heel wat jaren duren. De niche-producten komen er binnenkort aan, en ik voorzie dat de toepassingsmogelijkheden dan snel zullen worden verbreed.'

De zonnecel is bovendien niet de enige toepassing die op basis van de bulk-heterojunction is te maken. 'Deze materialen zijn prima geschikt voor transistoren in RFID-chips.' Hummelen werkt op dit gebied samen met Philips. 'In Santa Barbara ontwikkelen ze met dit materiaal fotodetectoren, die bijvoorbeeld in kleurencanners worden gebruikt.' ●



Het prototype van de plastic zonnecel heeft zeven lagen. Glas, dat uiteindelijk wordt vervangen door flexibel plastic, beschermt de buitenkant van de cel. Daarna komt een transparante elektrode van indium-gedoteerde tin oxide. Deze laag heeft een ruw oppervlak, zodat de volgende laag van transparant geleidend polymeer is, die een vlakke verbinding geeft met de actieve laag van MDMO-PPV (het polymeer) en PCMB (de buckyballs). Een tussenlaag van lithium fluoride beschermt de actieve laag bij het opdammen van de tweede elektrode van aluminium.